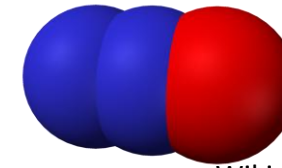




Effets de la compaction des sols agricoles sur la production d'un important GES: le protoxyde d'azote (N_2O)



Wikipedia

Normand Bertrand
Professionnel de recherche en gaz à effet de serre
Agriculture et Agroalimentaire Canada





Compaction des sols vs N_2O :

*Pas beaucoup d'études en général
et pas vraiment au Quebec*



Qu'est ce que le N₂O?

➤ Le N₂O est un puissant GES

$$\begin{array}{lcl} \text{CO}_2 & = & 1 \quad eq \text{CO}_2 \\ \text{CH}_4 & = & 28 \quad eq \text{CO}_2 \\ \text{N}_2\text{O} & = & 265 \quad eq \text{CO}_2 \text{ (GIEC 2014)} \end{array}$$

➤ Proportions des GES selon les secteurs d'activités
au Québec en 2021 (MELCCFP, 2024)

Transports	42,6 %
Industries:	32,3 %
Résidentiel, commercial et institutionnel :	9,1 %
Agriculture:	10,4 % (8,8% en 1990)

➤ 75,5% du N₂O produit au Québec provient de
l'agriculture



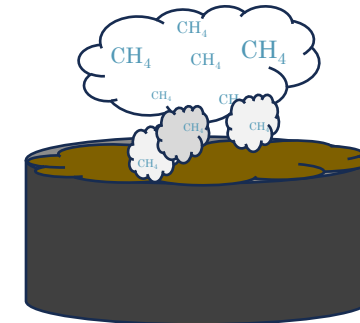
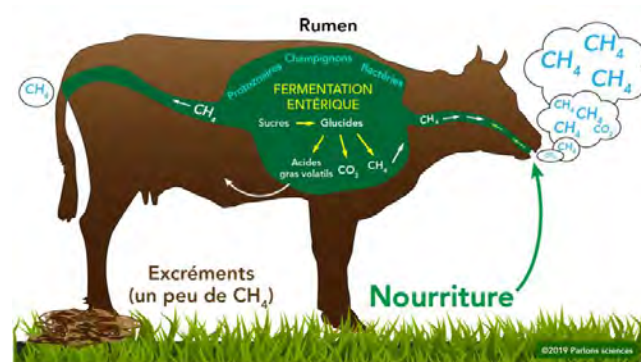
Proportion des GES en agriculture (MELCCFP, 2023)

Méthane (CH₄)

53,6% des émissions agricoles

Ruminants (digestion) **67%**

Gestion liquide des déjections 33%



Protoxyde d'azote (N_2O)

41,9% des émissions agricoles

Sols: Fertilisants minéraux et effluents d'élevages **79%**

Gestion solide des fumiers et compostage 21%

33%



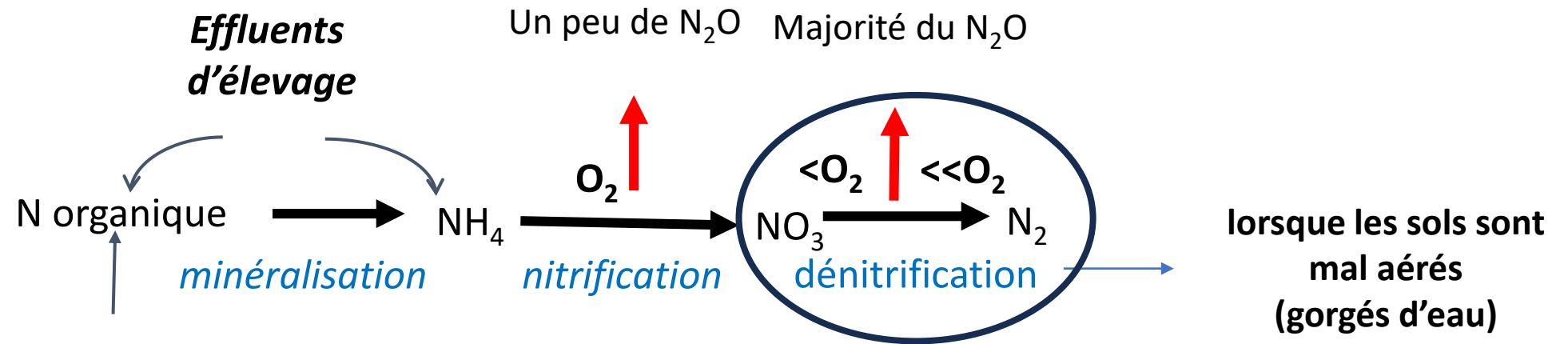
Dioxyde de carbone (CO₂)

4,5% des émissions agricoles

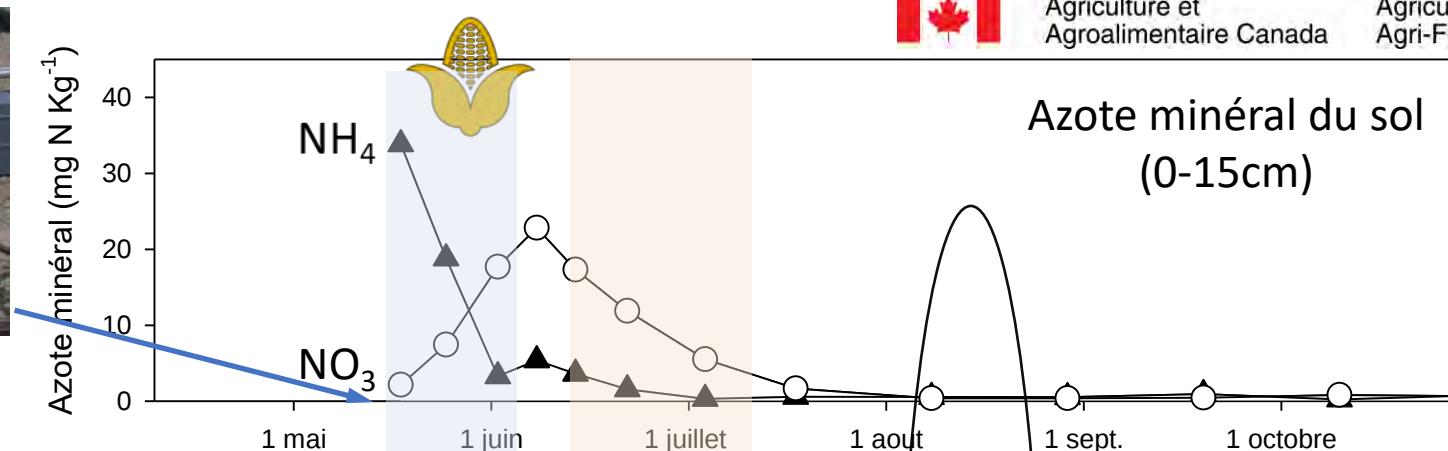
Chaulage, engrais synthétiques et machinerie



Processus microbiens menant à la production de protoxyde d'azote (N_2O)



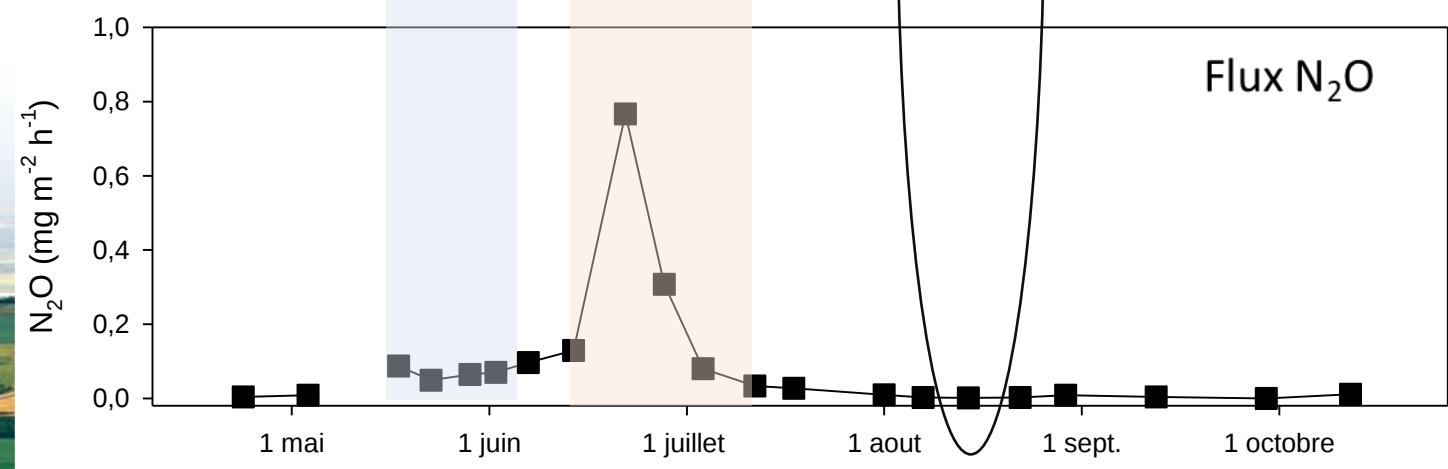
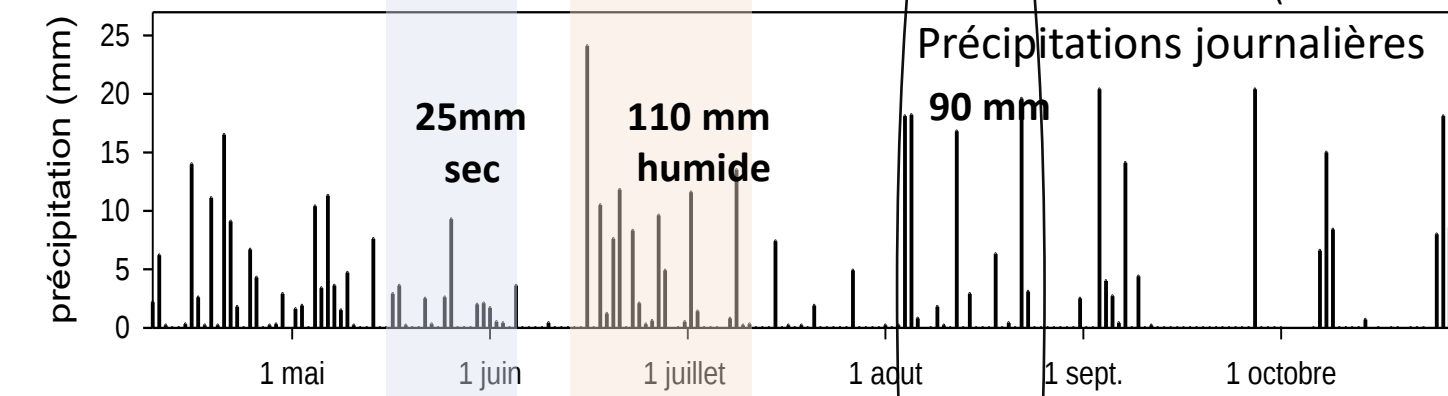
Martin Chantigny, 2024



(Pelster et al. 2021)

- Nitrification: NH₄ (sol sec) = N₂O
- Dénitrification: **NO₃ (sol humide) = N₂O**

Pas N dans le sol même si sol humide
pas de N₂O



Conditions favorables aux flux de N_2O : **Carbone + NO_3 + pluie**

✓ **Carbone** « pas touche »

✓ **NO_3** oui on peut agir

✓ **Pluie** on ne peut pas agir mais **sur l'aération du sol** oui

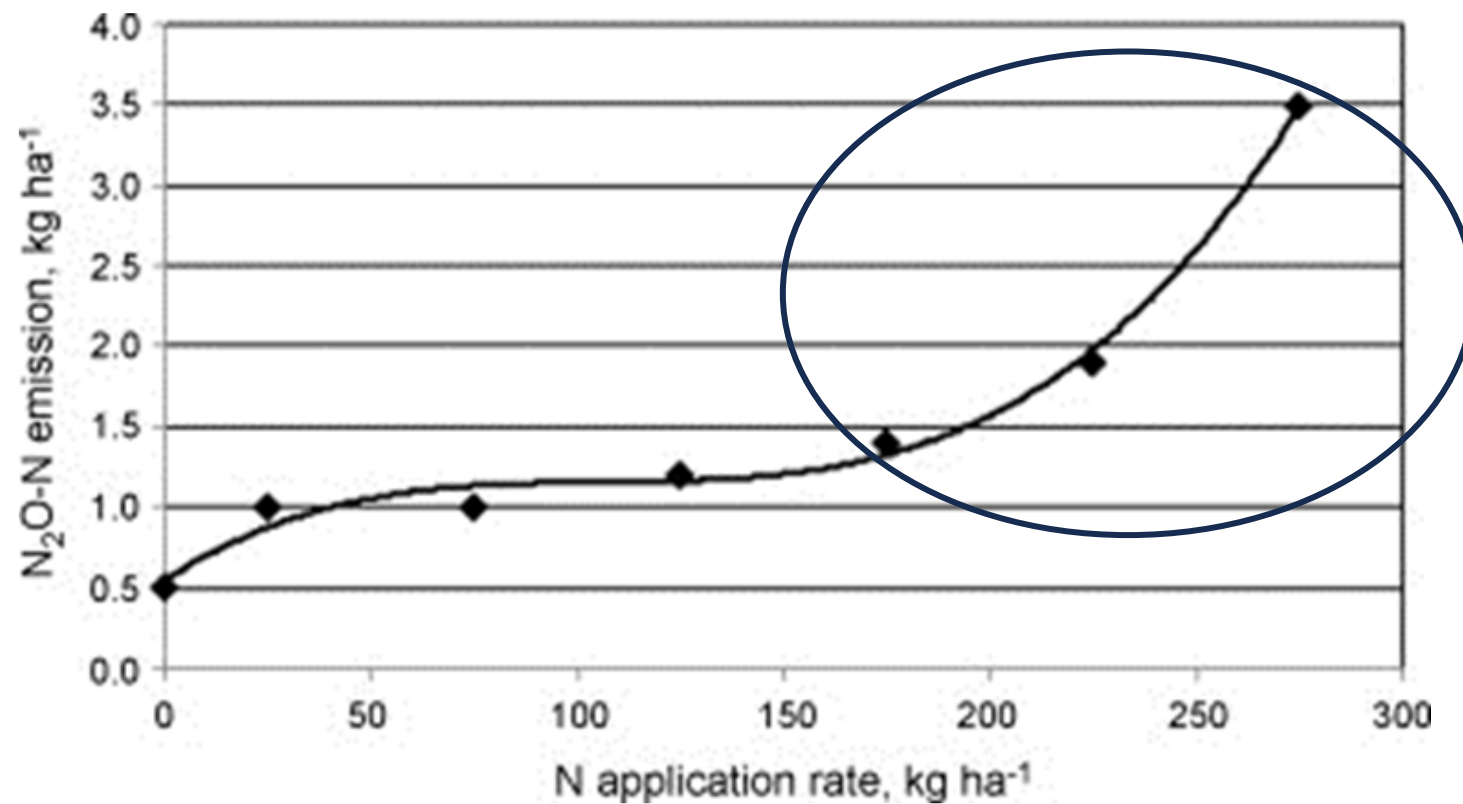


❖ Azote dans le sol

- *Bonne dose*
- *Bon moment*
- *Bon endroit*
- *Bonne source*
- *Bonnes rotations en grandes cultures*



❖ NO_3 dans le sol: *la bonne dose pas d'excès*



(Rochette et al., 2008)



❖ Azote dans le sol: **bon moment,**

- *Fractionner pour éviter les fortes concentrations de NO_3 dans le sol*
 - *Au semis*
 - *En post-levée*

❖ Azote dans le sol: **bon endroit,**

- *Enfouir pour éviter la volatilisation de NH_3*
 - *Près de la surface et de la culture*

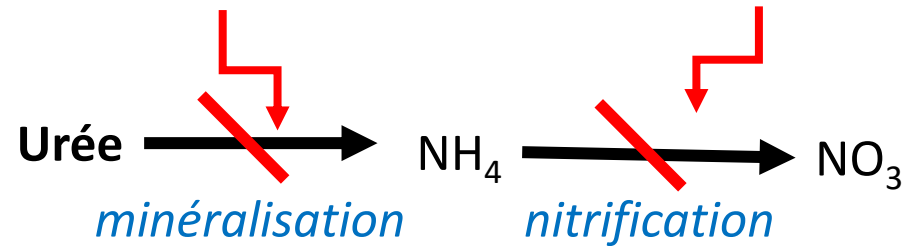


❖ Azote dans le sol, *bon moment*

- *Les inhibiteurs*
 - *Arrivée des NO_3 graduellement*
 - *Application unique*
 - *Dose réduite*

Inhibiteur d'uréase

Inhibiteur de nitrification



Ça ne fonctionne pas toujours, constats préliminaires:

Conditions plutôt défavorables: en conditions humides, sol argileux

Conditions plutôt favorables: post-levée, sol sableux

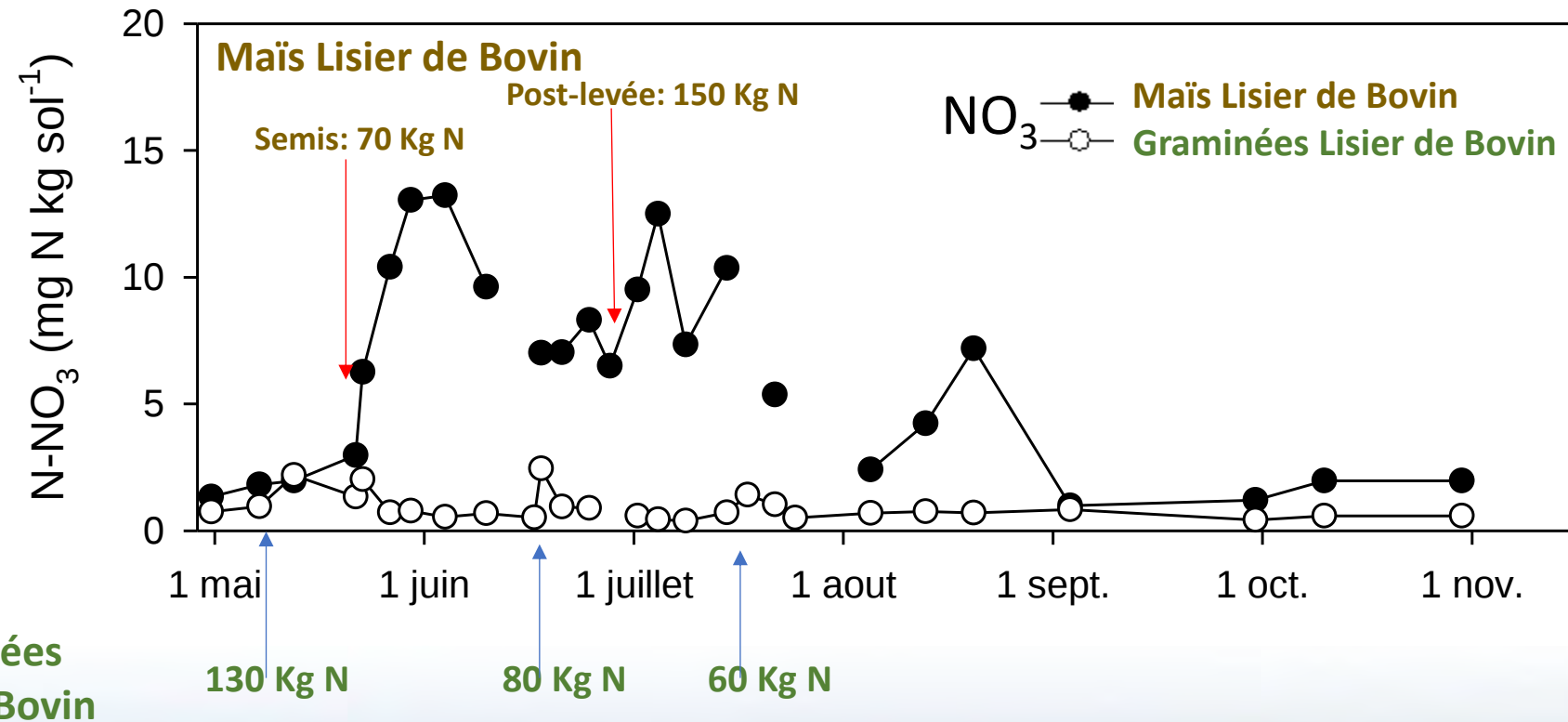
❖ Azote dans le sol, **bonne source** (pas magique)
L'arrivée graduelle des nitrates

- *Éviter les formules riches en NO_3 (27-0-0)*
- *En 10 jours NH_4 devient NO_3 (lisiers)*
- *Urée ($\text{urée} \rightarrow \text{NH}_4 \rightarrow \text{NO}_3$)*
- *Fumier: azote moins minéralisé*



❖ Azote dans le sol: utilisation des *prairies dans les rotations*

Projet Permanence (AAC, St-Augustin): comparaison des concentrations des nitrates du sol entre le **Maïs** et les **Graminées** ayant reçus du lisier de bovin (2019) (Verville et al. en préparation)



Pertes cumulées

kg N-N₂O ha⁻¹
(Verville et al. En préparation)

6,4



Cultures annuelles (maïs)

0,6



Cultures pérennes (fléole-fétuque)

Rôle des racines sur les concentrations des NO₃ du sol

Éviter les jachères à l'automne → cultures de couverture (e.g. blé d'automne et seigle)



❖ Pour réduire les NO_3 libres dans le sol:

- *Bonne dose*
- *Fractionnement (bon moment)*
- *Inhibiteurs?*
- *Incorporer des prairies et légumineuses dans les rotations*
- *Cultures de couvertures et intercalaires*
- *Incorporer l'azote près de la surface*

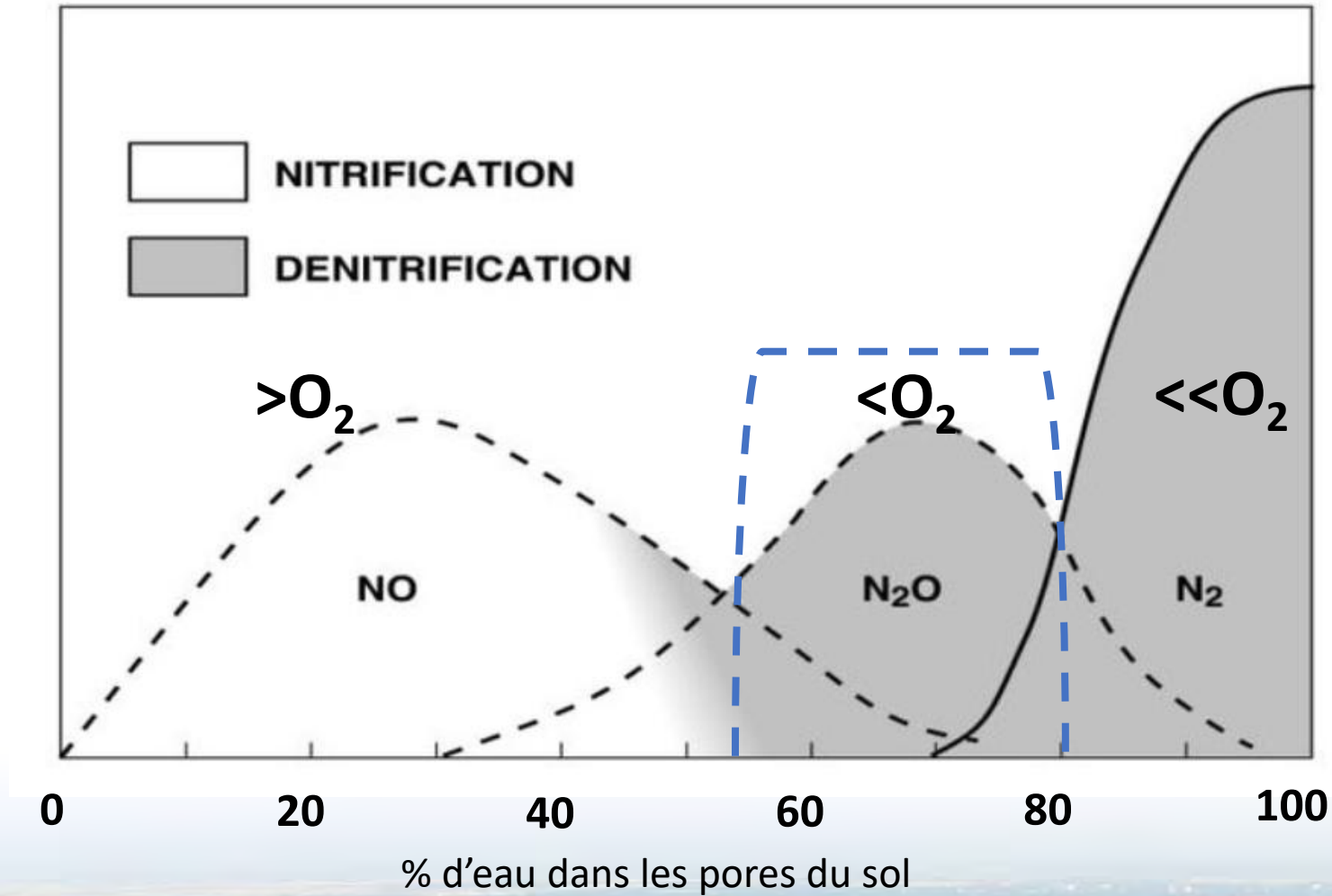


❖ Aération du sol

- *L'eau dans le sol*
- *Texture du sol*
- *Santé du sol (compaction)*
- *Travail du sol*



❖ Aération du sol: *l'eau dans le sol*

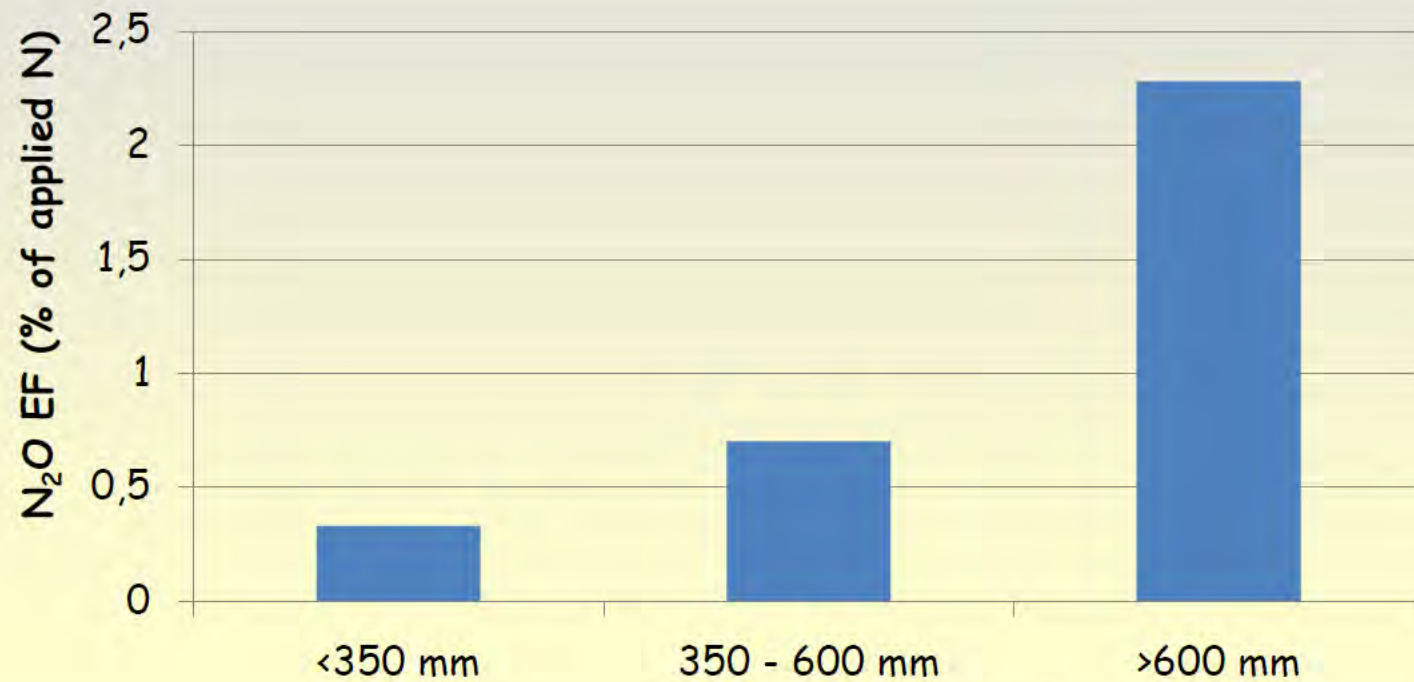


Pluie, → eau qui bouche les pores du sol et amène la ↓ O_2

Davidson et al. (1991)

Facteur d'Émission au Canada

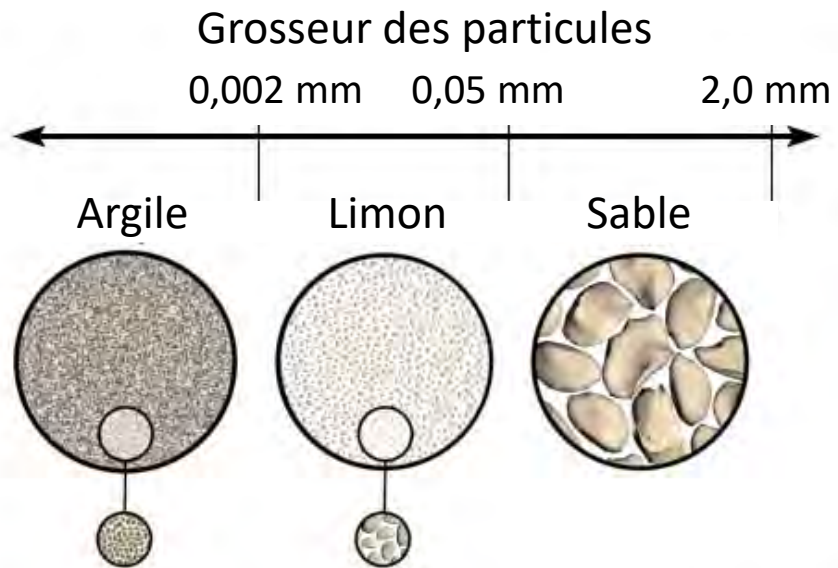
Impact de la Pluie



(Rochette et al., 2008)

❖ Aération du sol: *texture du sol*

Texture du sol

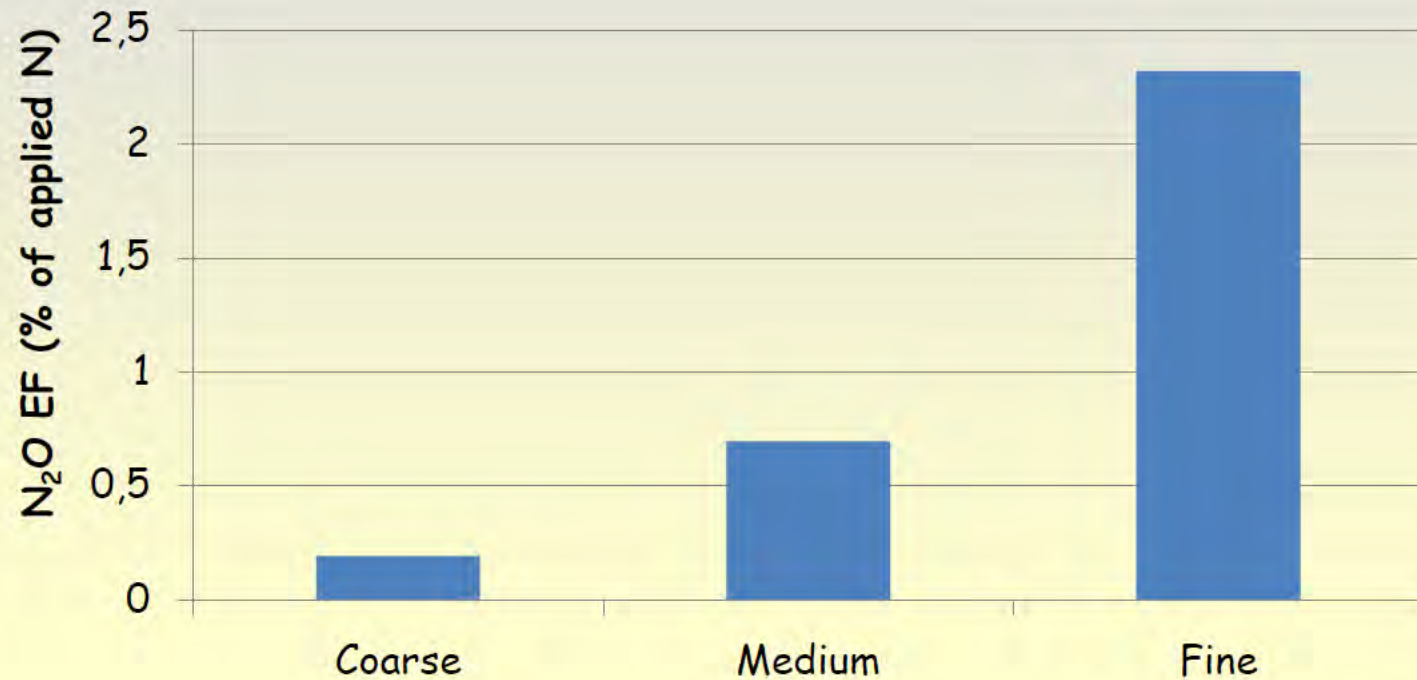


©The COMET Program

N_2O			
Sol humide	+++	++	+

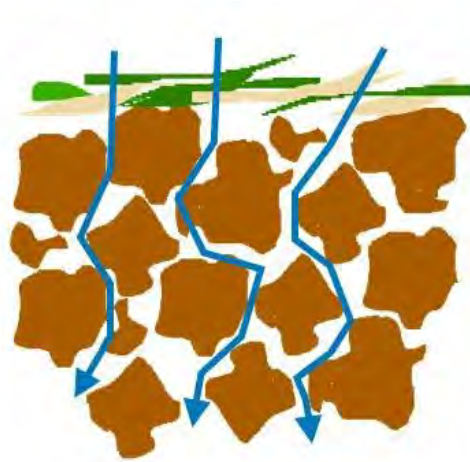
Facteur d'Émission au Canada

Impact de la Texture du Sol



(Rochette et al., 2008)

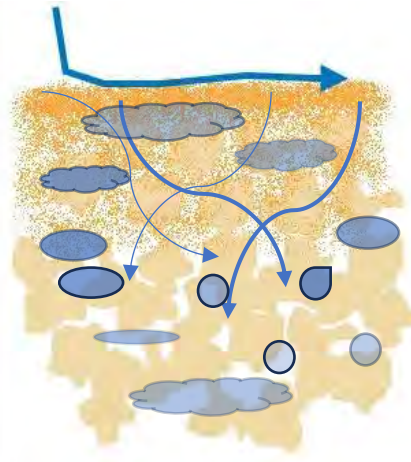
❖ Aération du sol: *Santé du sol*



Source: Symbiosis, 2020

Sol en santé

- Bonne structure
- Infiltration de l'eau dans les pores du sol
- Bon drainage
- Haute teneur en matière organique
- Présence de résidus

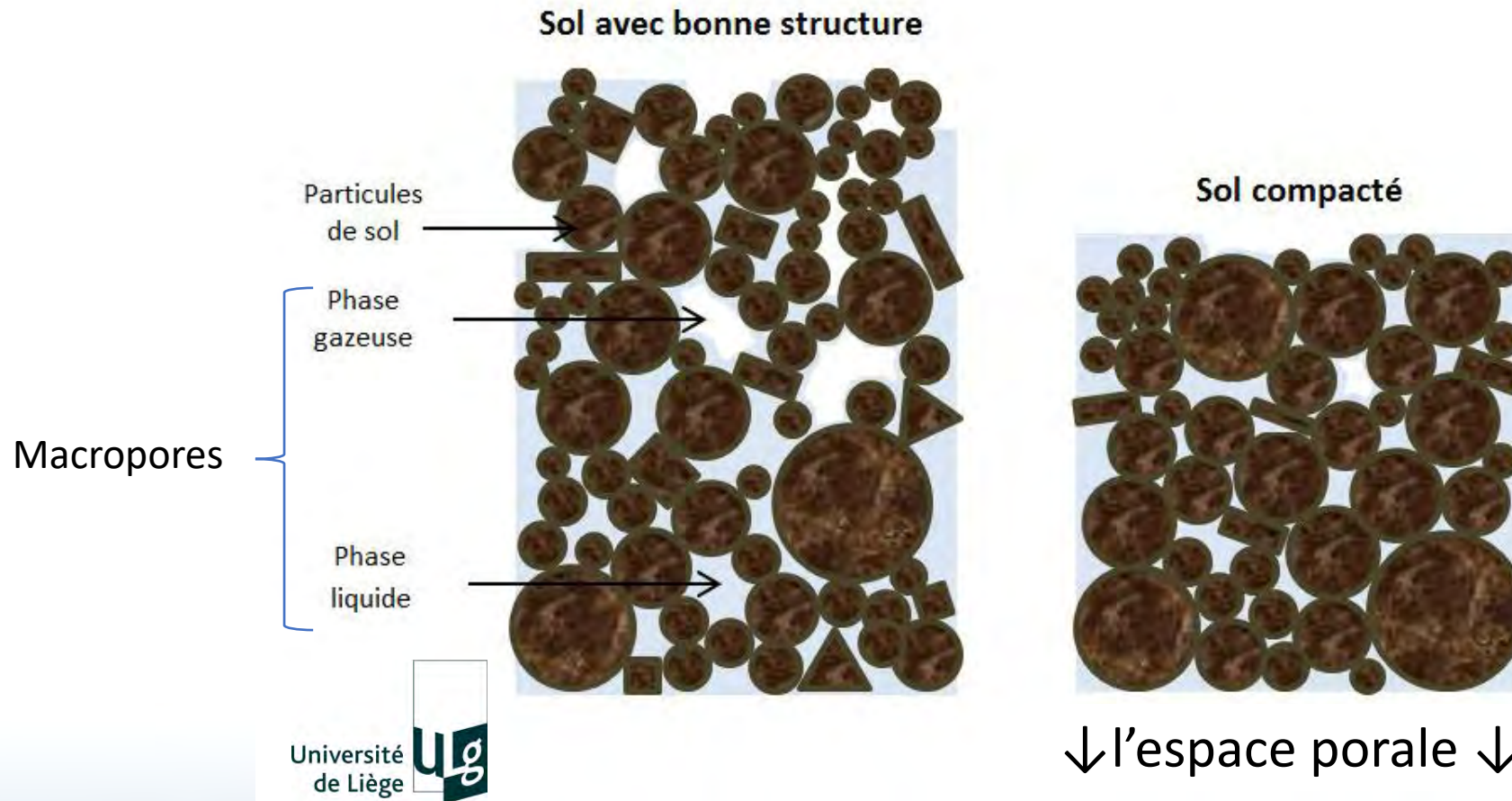


Sol dégradé

- Sol compacté
- Peu d'Infiltration dans les pores du sol
- Érosion
- Faible en matière organique
- Sol nu et crouté



❖ Aération du sol: *compaction*



❖ Aération du sol: *travail du sol*

Le travail minimum du sol (TM) émet 12 % moins de N₂O que le travail conventionnel (TC).

Cependant, si dans un climat humide (600 mm et +) et % sable < à 60 %, TM a tendance à émettre plus de N₂O que TC Pelster *et al.*, 2024

MTL: avril à octobre=637 mm

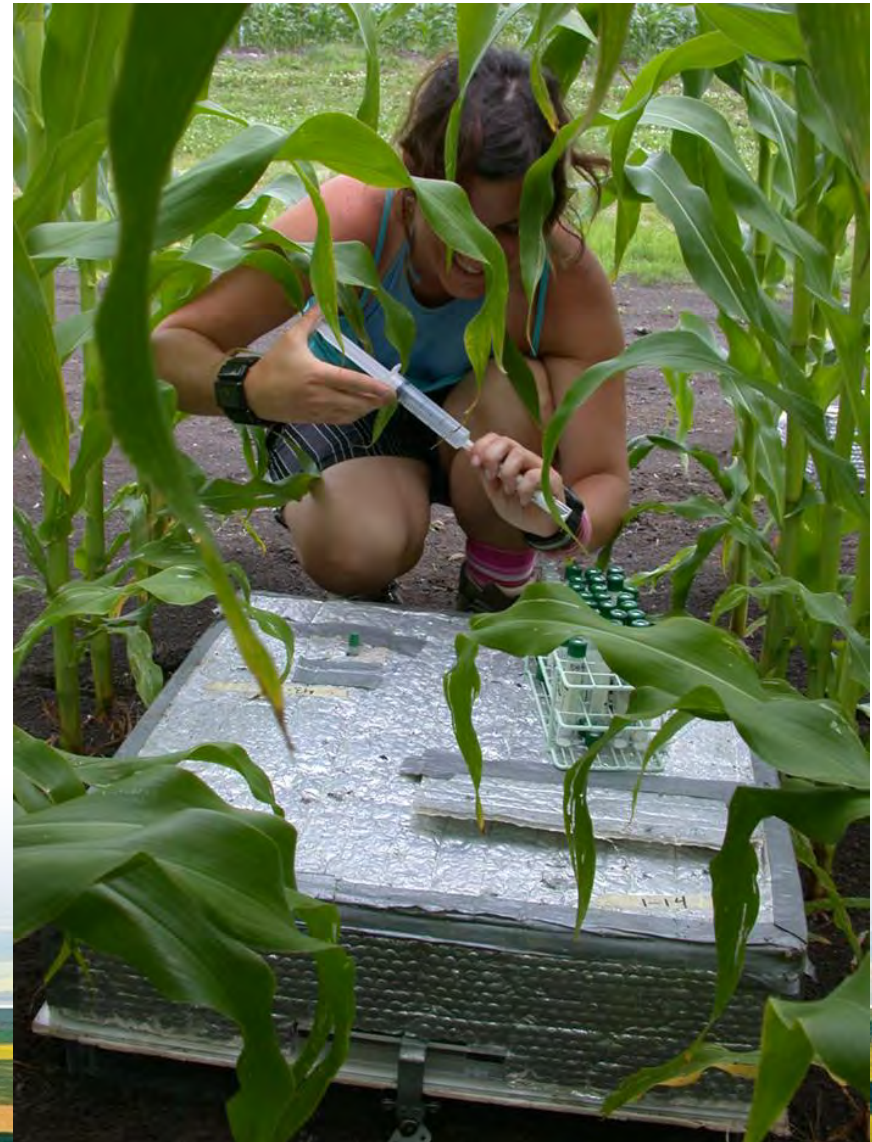


❖ Favoriser la diffusion des gaz dans le sol:

- *Favoriser un sol en santé*
 - *Éviter la compaction*
 - *Incorporation des prairies et légumineuses dans les rotations*
 - *Travail minimum du sol mais si sol argileux mieux de labouré?*
-
- ***Facteurs que l'on ne contrôle pas***
 - *Textures*
 - *précipitations*

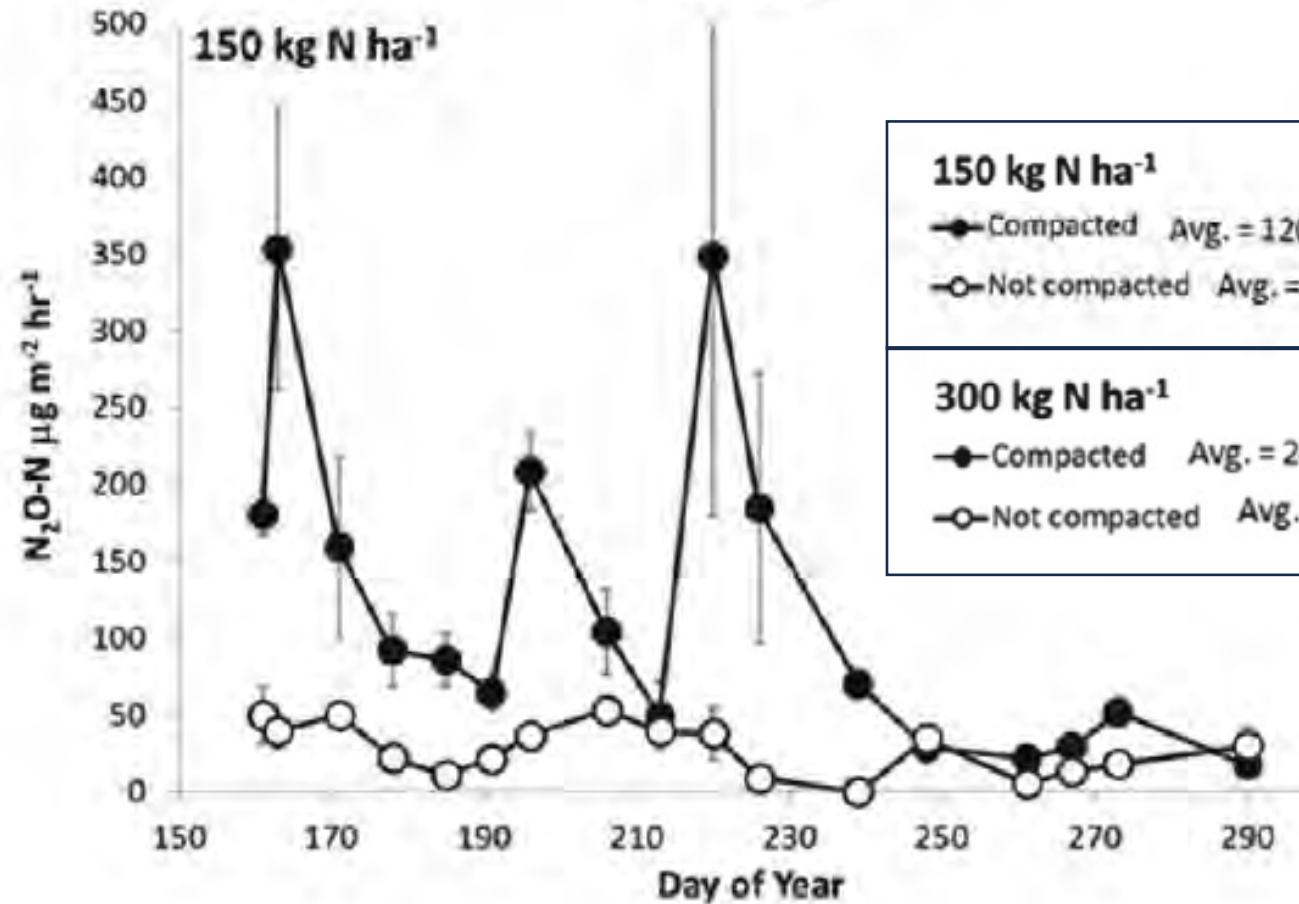


Chambres statiques : mesure de l'accumulation des gaz en fonction du temps = Flux de N_2O



- Ferme de AAC Ottawa
- Loam argileux
- Compaction au printemps dans des conditions standards
- Maïs

2003 (saison humide)



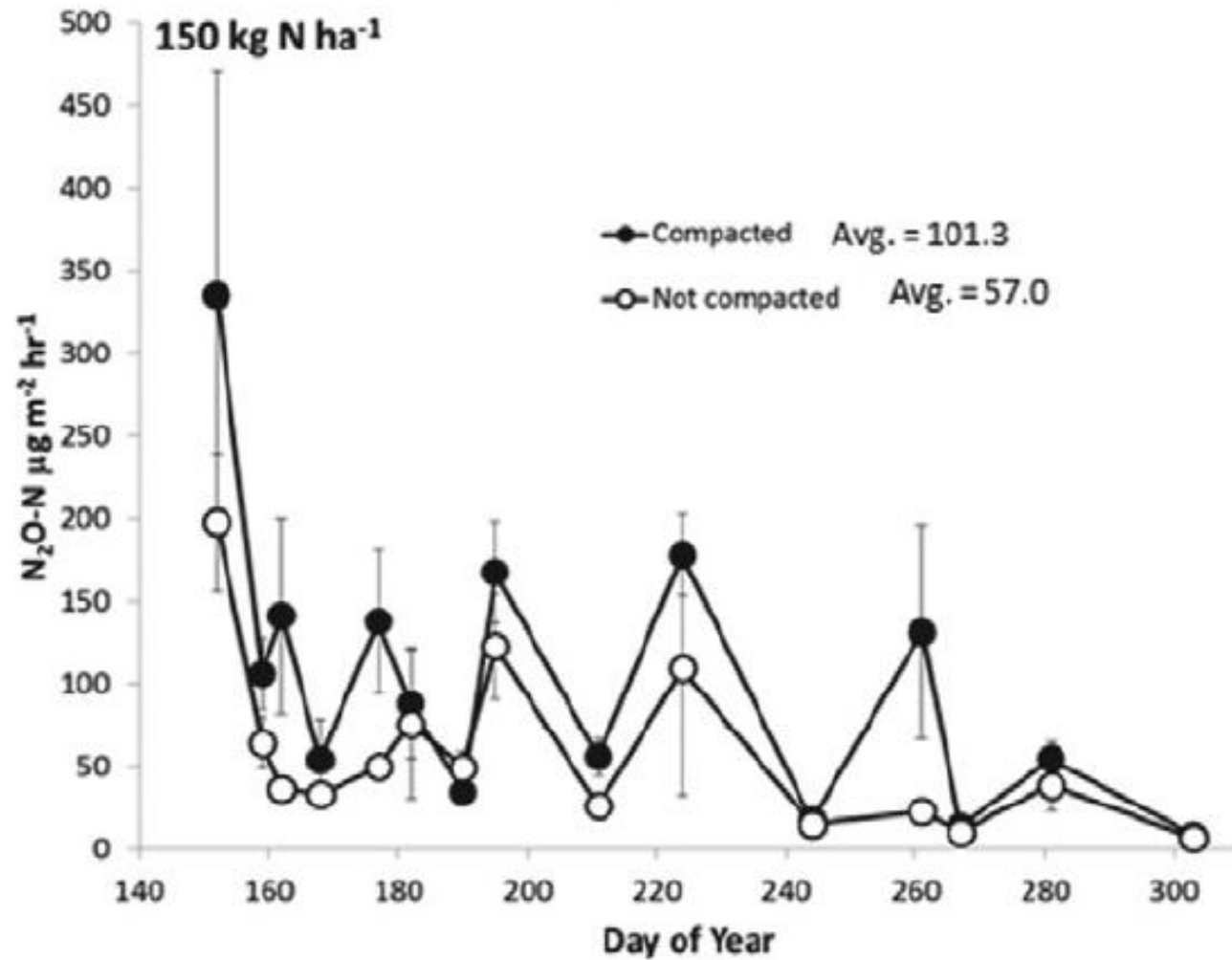
Compacté/non-compacté

4,3

6,8

Gregorich et al. 2014

2004 (saison plus sèche)



Using relative gas diffusivity to highlight soil compaction issues with possible effects on N efficiency in grain corn production, southern Quebec, Canada

Jean Caron¹  | Vincent Grégoire¹  | Alain N. Rousseau² |
Jacynthe Dessureault Rompre¹  | Gabriel Deslauriers³ | D. Bulot¹ | J. Bontemps¹ |
D. Vieux¹ | Thiago Gumiere¹ | Hossein Bonakdari⁴

93 % des parcelles en maïs (18 sites du sud du Québec) avaient une diffusivité relative des gaz (D_s/D_o) inférieure au seuil de 0,03 à la fois à 15 cm et à 30 cm de profondeur

Les faibles niveaux de diffusivité réduisent probablement aussi l'efficacité de l'azote en augmentant le risque de dénitrification



Compilation d'études portant sur la production de N₂O de sols compactés versus non compactés

				N2O	
cultures	endroit	texture du sol	traitement de compaction	compact/non-compact	références
pommiers cerisiers	Australie	loam sableux	tracteur	1,6	Swarts et al. 2016
bettrave sucrée	France	loam limoneux	tracteur au printemps	1,5	Bessou et al. 2010
patates	Allemagne	loam limoneux	entre rangs vs rang sans compaction	1,6	Flessa et al. 2002
patates	Allemagne	loam limoneux	entre rangs: compaction vs non compaction	2,3	
patates	Allemagne	loam limoneux	entre rangs: compacté et non compaction + NPK	6,4-9,9	
céréale	Australie	loam sableux à argileux	tracteur	2,3 (1,2-5,0)	Tullberg et al. 2018
maïs et soya	Canada	loam argileux	compactées vs non compactées+ NPK	2,3	Gregorich et al. 2014
rotation blé-maïs	Chine	loam limoneux	sol compacté à 20 cm dans le sol	42	Bao et al. 2012
blé automne	Chine	loam limoneux	tracteur + biochar	pas de différence	Liu et al. 2017
maïs	Canada	Loam argileux	compactées vs non compactée (cycle: sec-humide)	20	Beare et al. 2009
prairie	Norvège	loam sableux	compactées vs non compactée + NPK	2,7	Sitaula et al. 2000
prairie	Norvège	loam sableux	compactées vs non compactée au tracteur + lisier bovin	1,4	Hansen et al. 1993
prairie	Nouvelle Zéland	loam sableux	piétinement mécanique + urine	2,8	Ball et al. 2012
prairie	Australie	loam sableux	compactées au tracteur vs non compactée + NPK	0,9-1,5	Schmeer et al. 2014
paturage	Australie	argile et loam argileux	broutage intensif vs non-intensif	5,8	De Rosa et al. 2020
paturage	Nouvelle Zéland	loam limoneux	compaction mécanique simule le piétinement + urine	pas de différence	van der Weerden et al. 2012
paturage	Nouvelle Zéland	loam limoneux	compaction mécanique simule le piétinement + urine	3,7-7,4	van der Weerden et al. 2017
paturage	Royaume uni	loam sableux et argileux	piétinement de vaches + NPK et lisier	pas de différence	Hargreaves et al. 2021

Pulido-Moncada *et al.* 2022

Facteurs aggravants: sol gorgé d'eau, sur-fertilisation, texture fine et maïs

Façon de réduire le N₂O face à la compaction des sols:

- Diminution du trafic (réduction de 50%)
- Drones (arrosages, C. intercalaires)
- Augmenter la portance
- Éviter de rouler si humide surtout au printemps
- **Dose optimale d'azote**
- **Application en bande sous-surface près du rang**
- les inhibiteurs mais pas de garantie
- Écourter le temps des animaux au pâturage
- Labourer si sol lourd et mal drainé mais doit considérer la santé des sols
- Incorporer les prairies dans les rotations de grandes cultures





Agriculture and
Agri-Food Canada

Agriculture et
Agroalimentaire Canada

Merci

Questions

